UNIVERSITY OF TORONTO LIBRARY

Ueber

die Vertheilung des Gerbstoffs

in den Zweigen und Blättern unserer Holzgewächse.

Inaugural-Dissertation

welche mit Genehmigung

der hohen philosophischen Facultät

der vereinigten

Friedrichs-Universität Halle-Wittenberg

zur Erlangung der

philosophischen Doctorwürde

mit den angehängten Thesen öffentlich vertheidigen wird

am 4. August 1876, Vormittags 12 Uhr

Wilhelm Petzold

aus Keutschen.

Opponenten:

Arnold Schafft, Dr. phil.
Heinrich Züge, Dr. phil.

HALLE a. S.,

Plötz'sche Buchdruckerei.

23887
16/9/92

Seinem hochverehrten Lehrer

Herrn Dr. Gregor Kraus

ordentlichem Professor an der Universität

Halle-Wittenberg

in dankbarer Ehrerbietung

gewidmet

vom Verfasser.

Einleitung. Geschichtliches.

Der Gerbstoff der Pflanzen wird zur Zeit gewöhnlich als ein Nebenprodukt beim Stoffwechsel des Organismus angesehen. Tritt derselbe nun allerdings nicht als Baustoff des Pflanzenkörpers auf, wie die Eiweisssubstanzen, Kohlehydrate und Fette, so lassen doch seine ausserordentliche Verbreitung im Pflanzenreiche, vielleicht auch seine chemische Natur vermuthen, dass seine Rolle bei den Vorgängen des Stoffwechsels eine nicht unbedeutende sei. Welcher Art dieselbe aber sei, darüber dürften zur Zeit wenig mehr als allgemeine Vermuthungen geäussert werden können.

Zur allmäligen Aufklärung seiner Bedeutung möchten von chemischer Seite her vielleicht Aufschlüsse gegeben werden durch specielle Studien über seine Spaltungsprodukte, von botanischer aber ist wohl das Erste und Nothwendigste, zunächst eingehende Untersuchungen über seine Vertheilung in den Geweben anzustellen.

In diesem Sinne einen kleinen Beitrag zu liefern, ist Aufgabe der folgenden Zeilen. Sie behandeln ein eng begrenztes Gebiet, die Vertheilung des Gerbstoffs in den Geweben der Winterzweige unserer deutschen Holzgewächse mit gleichzeitigen Ausblicken auf die Gerbstoffvertheilung im Blatt und auf das entwickelungsggeschichtliche Auftreten gerbstoffhaltiger Zellen in den Vegetationsspitzen. Meine Untersuchungen sind freilich nicht die ersten, die in dieser Richtung gemacht wurden.

Schon Karsten, der zuerst die früher besonders von Schleiden (Grundzüge III. Aufl. S. 199) vertretene Ansicht, dass der Gerbstoff nur ein Zersetzungsprodukt zu Grunde ge-

gangner Zellen sei, widerlegte (Monatsberichte der Königl. Preuss. Akademie der Wissenschaften 1857 p. 71—81) und den Gerbstoff als Inhalt lebendiger Zellen kennen lehrte, wies an einer Reihe einzelner Beispiele sein Vorkommen in Zellen der verschiedensten Art nach. So im Parenchym lebender Blätter, im Collenchym der Rinde, in Fasern und Milchsaft führenden Gebilden. Seine Abbildungen von Querschnitten des Blatts von *Hackea crenata* (Fig. 6.), des Stamm-Quer- und Längsschnitts von *Umbilicus pendulinus* (Fig. 4 u. 5) u. s. w. geben bereits instructive und fast die einzigen Bilder, die wir über die Vertheilung der Gerbstoffzellen haben. Er wies auch die bedeutsame Thatsache nach, dass der Gerbstoff „in dem jüngsten, noch von der Cutikula bedeckten Cambium der Terminalknospe“ sowie in den verholzten oder in Kork veränderten Zellen nicht vorhanden sei.

Wenige Jahre darauf veröffentlichte Sanio (Bot. Zeitung 1860 p. 213—214.) einige Bemerkungen über das Auftreten des Gerbstoffs, denen er in derselben Zeitschrift (Jahrgang 1863 p. 17—23) eine ausführlichere Mittheilung folgen liess.

In der ersten Arbeit gibt derselbe bereits eine Reihe von Bemerkungen über das Vorkommen des Gerbstoffs, besonders im Holze; so bei der *Eiche*, wo Gerbstoff in der Rinde wie in den Markstrahlen und dem Holzparenchym enthalten sei. Ferner fand er ihn bei *Abies pectinata* in den Korkmutterzellen, im Epithel der Harzgänge und im Rindenparenchym, sehr reichlich in allen Geweben bei *Ribes nigrum*. In je einem Falle zeigte sich Gerbstoff auch in der Epidermis (*Ephedra distachya*) und im Cambium (*Melaleuca styphelioides*).

In der zweiten wichtigeren Arbeit, in welcher derselbe die neue vorzügliche Methode des Nachweises von Gerbstoff mittelst doppeltchromsauren Kali's (die seither allgemeinen Eingang gefunden hat) bekannt macht, wies derselbe mit Hülfe dieser unten noch näher zu beschreibenden Methode, in vielen Holzgewächsen (darunter 17 einheimischen) Gerbstoff und dessen Vertheilung in den Geweben specieller nach. Er fand, dass Gerbstoff hauptsächlich in dem parenchymati-

schen Gewebe vorkomme, dass er dagegen in abgestorbnen Parenchymzellen, ebenso in Bastfasern, Siebröhren, fast regelmässig in den Cambialfasern und gefässartigen Holzfasern fehle. Auch über das Zusammen vorkommen des Gerbstoffs mit andren Stoffen (Chlorophyll und Stärkemehl) macht derselbe Bemerkungen.

Diese Arbeit ist das Wichtigste und Wesentlichste, was bisher über Gerbstoffvertheilung überhaupt und in den Holzgewächsen insbesondere erschienen ist *).

Die im Folgenden mitgetheilten Untersuchungen konnten den von ihm aufgestellten allgemeinen Sätzen über die Vertheilung kaum etwas Neues hinzufügen. Dagegen wurden sie durch eine Reihe neuer Beispiele erhärtet. Unsere specielle Aufgabe ging demgegenüber vielmehr dahin, ausführlichere Angaben über die Vertheilung innerhalb der Einzelgewebe selbst zu machen. Dies ist insbesondre durch genaue Beschreibung der Vertheilung im Zweige einer Anzahl Holzpflanzen geschehen.

Ueber die Vertheilung des Gerbstoffs in den Blättern sowie über die Entstehung ist von Trécul in dessen Arbeiten über Gerbstoff Einzelnes mitgetheilt. Derselbe veröffentlichte vom Jahre 1865—1869 mehrere Arbeiten über Gerbstoff, wesentlich über Gerbstoffvertheilung.

1) Du tannin dans les Légumineuses: Annales des sciences naturelles Bot. Sér. V. Tom IV. p. 378—382.

2) Les vaisseaux propres et du tannin dans les Musacées: Annales des sc. nat. Sér. V. Tom. VIII. p. 283—300.

3) De la gomme et du tannin dans le Conocephalus naucleiflorus: Annales des sc. nat. Sér. V. Tom. IX. p. 274—281.

4) Des vaisseaux propres et du tannin dans les Fougères: Annales des sc. nat. Sér. V. Tom. XII. p. 373—382.

---

*) Von den zwischen hinein erschienenen allgemeinen „Sätzen über die physiologische Bedeutung des Gerbstoffs“ von Wigand (Bot. Zeitung 1862 p. 121—122.) ist das über das Vorkommen des Gerbstoffs Gesagte bei seiner Allgemeinheit hier nur von untergeordnetem Interesse.

In der ersten dieser Schriften wird der Gerbstoffgehalt der Leguminosen, auch holziger, nachgewiesen. Diese erwiesen sich theils in verschiednem Grade gerbstoffhaltig, theils gerbstoffleer. Im ersten Falle fand sich Gerbstoff in Rinde, Mark oder in beiden zugleich. In letzte Kategorie gehört *Robinia Pseudacacia.* Auch Epidermis und Collenchym waren in einzelnen Pflanzen gerbstoffreich; in allen bildeten die um die Gefässbündel herumliegenden, gerbstoffhaltigen Zellen Längsreihen. Nebenbei wird auch das Auftreten des Gerbstoffs in *Sambucus* näher angegeben.

Die folgende Arbeit, in welcher Trécul den Gerbstoff in der Familie der *Musaceen* behandelt, hat für unsren Gegenstand weniger Interesse. Doch sei bemerkt, dass Trécul Gerbstoff ausser in den „laticifères“ in einigen Siebröhren und häufig auch in einzelnen Spiralgefässen auffand, dass er über die Vertheilung in Blatt und Frucht genauere Angaben macht, ferner das isolirte Auftreten, das Vorkommen in Längsreihen u. s. w. kennt.

Von den beiden letzten Arbeiten über Gerbstoff in *Conocephalus* und in den Farnen ist nur hervorzuheben, dass Trécul insbesondre das Auftreten an der Vegetationsspitze beschreibt und in einer Weise findet, die durch die folgenden Untersuchungen als eine in ihren Hauptzügen ziemlich allgemeine angesehen werden darf.

Methode.

Das Verfahren, welches man früher anwandte, um den Gerbstoff in den Geweben sichtbar zu machen, bestand darin, dass man Schnitte in eine Eisensalzlösung legte. Die hierbei sich bildende gerbsaure Eisenverbindung zeigt durch ihre bekannte blauschwarze oder schwarzgrüne (Tinten-) Färbung allerdings die gerbstoffhaltigen Zellen deutlich an; da dieselbe aber nicht fest ist, verbreitet sie sich leicht über ursprünglich gerbstofffreie Zellen und führt so zu Irrungen. Auch kommt es zuweilen vor, dass die Reaction ganz ausbleibt.

Diese Mängel der Reaktionsmethode hat Sanio hinreichend hervorgehoben und zuerst dieselbe durch Anwendung des Chlorzinkjods (Bot. Zeitung 1860 p. 214) verbessert, welches mit Gerbstoff einen nie ausbleibenden Niederschlag von rosenrother Färbung bildet. Doch hat auch dieser den Nachtheil dass er, als nicht fest, leicht die Grenzen seiner eigentlichen Verbreitung überschreitet.

Später bediente sich Sanio (Bot. Zeitung 1863 p. 18) eines neuen Reaktionsmittels, des doppeltchromsauren Kali's. Dieses Reagens hat den Vortheil, dass es mit Gerbstoff eine feste, rothbraune Verbindung bildet

Die letztgenannte Methode Sanio's ward auch bei den folgenden Untersuchungen angewandt. Es wurden Zweige der zu untersuchenden Holzpflanzen in zolllange Stücke geschnitten und 8—14 Tage in eine ziemlich concentrirte Lösung des eben erwähnten Salzes gelegt. Nach Ablauf dieser Frist hatten sich die gerbstoffhaltigen Zellen stets mit einer compakten, rothbraunen Masse erfüllt, deren nähere Eigenschaften bereits Sanio (a. a. O. p. 17—18) hervorgehoben hat.

In den meisten Fällen erfüllt der Gerbstoffniederschlag die Zellen völlig mit einer homogen oder feinkörnig erscheinenden Masse (fast regelmässig in Rinde und Bast, excl. Markstrahlen, z. B. bei *Acer Pseudoplatanus, Prunus Armeniaca, Prunus spinosa, P. avium, P. Cerasus, P. Padus, Pirus communis, Ribes Grossularia).*

In andern Fällen nimmt jedoch die feste Gerbstoffmasse den Zellenraum nicht ganz ein und zeigt so ein zerfressenes Aussehen oder erscheint bald abgerundet, bald vakuolenartig durchsetzt (stets in den Markstrahlen des Holzes, meist in denen des Bastes, z. B. bei *Amygdalus Persica, Prunus Armeniaca, P. Padus, Pirus aucuparia, Alnus glutinosa, A. incana, Salix Caprea, Quercus pedunculata*). Neben den erwähnten Formen tritt der Niederschlag hier auch zuweilen in Form einzelner Kugeln auf, grösserer (*Betula alba*) oder kleinerer (einige *Amygdalaceen, Vitis vinifera etc.*), welche letztere häufig vermischt mit Stärkekörnern den Zellinhalt bilden.

Die Farbe des Niederschlags weist bei verschiedenen Pflanzenarten beträchtliche Nuancen auf, von tiefrothbraun, fast schwarz (*Alnus glutinosa*, *A. incana*) bis zu schmutzig blassroth (*Lonicera Xylosteum*, *Ligustrum vulgare*, *Syringa vulgaris*, *Fraxinus excelsior*). Diese Abweichungen liessen sich durch Annahme verschiedener Arten von Gerbstoff oder durch die ungleiche Menge in der er in den einzelnen Zellen ist, erklären. Ob eine oder eine andere Erklärung, oder gelegentlich beide zusammen diese Erscheinungen hervor rufen, wüsste ich nicht zu sagen.

Die Zellmembranen zeigen mit unserm Reagens gewöhnlich keine Färbung; alle Angaben im Folgenden beziehen sich daher auf den Inhalt lebender Zellen; der Gerbstoffgehalt der Membranen aber ist unberücksichtigt geblieben.

In Gleichem hat sich die folgende Untersuchung mit dem Formvorkommen des Gerbsstoffs, das zuletzt trefflich von Nägeli und Schwendener behandelt worden ist (Mikroskop p. 490 ff.), nicht weiter beschäftigt.

I.

Vertheilung des Gerbstoffs in dem ruhenden Zweige.

Um die Vertheilung in dem ruhenden Zweige zu studiren, wurden etwa 60—70 in Deutschland einheimischer oder eingebürgerter Holzgewächse im Januar in eine Lösung von doppeltchromsauren Kali gebracht, und nach und nach der Untersuchung unterzogen, zunächst auf Querschnitten, die auf verschiedenen Höhen dem Triebe entnommen waren. Die Vertheilung des Gerbstoffs in Richtung der Zweigachse wurde auf Längsschnitten festgestellt.

Unter allen untersuchten Pflanzen waren nur wenige, denen der Gerbstoff völlig fehlte: *Clematis Vitalba*, *Cytisus Laburnum*, *Colutea arborescens*, *Philadelphus coronarius*, *Hedera Helix*, *Lonicera Caprifolium*, *Aristolochia Sipho*; es ist aber zu berücksichtigen, dass die Epidermis, mit der diese Triebe zur Zeit ihres Sommerwachsthums umkleidet waren, bei einigen dieser Pflanzen Gerbstoff enthält (z.B. *Clematis Vitalba*).

Bei der grössten Mehrzahl der untersuchten Holzgewächse findet sich Gerbstoff in den Zweigen. Der gewöhnlichste Fall ist nun der, dass derselbe in allen Geweben vorkommt, in Oberhaut, Grundgewebe und Fibrovasalsträngen.

In andern seltneren Fällen tritt Gerbstoff nur in einzelnen Geweben und Zellen auf, so bei *Staphylea pinnata*, *Evonymus europaea*, *Sarothamnus scoparius*, *Robinia Pseud-Acacia*, *Gleditschia triacanthos*, *Sambucus nigra*. Die beiden erstgenannten besitzen Gerbstoff nur in den äusseren Zellreihen des Rindengrundgewebes und zwar in zusammenhängenden Lagen; *Sarothamnus* nur in sehr vereinzelten Zellen dieses Gewebes sowie um die Hartbastbündel herum. Die drei letzteren

Holzgewächse werden von Sanio (Bot. Zeitung 1863 p. 18) als gerbstofffrei bezeichnet; ich fand in allen diesen Gerbstoff, wenn auch nur in sehr vereinzelten, um den Hartbast und an der Markkrone gelegenen Zellen*). Bei *Gleditschia* finden sich Gerbstoffzellen nebenbei zerstreut auch im inneren Theile des Marks.

Hinsichtlich der specielleren Vertheilung in den einzelnen Geweben Folgendes:

Die Epidermis ist bei unsren Zweigen in der Regel nicht vorhanden; der dafür vorhandene Kork ist als abgestorbenes Gewebe selbstverständlich gerbstoffleer, d. h. wenigstens nicht mehr mit flüssigem Gerbstoff erfüllt; dass derselbe aber in den Zellen des Korkes zur Zeit ihrer Bildung vorhanden gewesen sein könnte, schliesse ich daraus, dass sowohl das Phelloderm (z. B. bei *Prunus domestica, Ribes Grossularia, Corylus Avellana, Alnus glutinosa*), als, was von besonderem Interesse ist, auch das Phellogen stets Gerbstoff enthält**). (z. B. *Pirus aucuparia, Ribes Grossularia, Quercus pedunculata, Alnus glutinosa, A. incana, Betula alba*).

Im Rindengrundgewebe findet sich der Gerbstoff in der Regel besonders reichlich in den äusseren, an die Epidermis oder das Phelloderm sich anschliessenden Zellreihen, deren Wände meist collenchymatisch verdickt sind. Ich führe als Beispiele an: *Tilia grandifolia, T. parvifolia, Acer platanoides, Aesculus Hippocastanum, Pirus aucuparia, P. torminalis, P. communis, Viburnum Lantana, Quercus pedunculata, Corylus Avellana, Salix Caprea, Populus nigra*).

Den inneren Theil der parenchymatischen Rinde fand ich stets ärmer als den äusseren; so besonders bei *Tilia* (*grandifolia* und *parvifolia*), wo derselbe in den inneren Zellen nur sehr spärlich und unregelmäsig zerstreut auftrat. Dagegen zeigt die an den Bast grenzende, innerste Zellreihe (die Stärkescheide) oft fast in ihrem ganzen Verlaufe Gerbstoff

*) Für *Robinia* und *Sambucus* hat dies bereits Trécul: Annales des sc. nat. 1865 Sér. V. Tom IV. p. 380 u. 381 nachgewiesen.

**) Sanio giebt dies bereits für eine Anzahl von Holzgewächsen an: Bot. Zeitung 1873 p. 20—23.

und schliesst so, scharf markirt, scheidenartig die Rinde vom Bast ab.

Was die specielle Anordnung der Gerbstoffzellen im Gewebe betrifft, so bilden dieselben aussen fast immer zusammenhängende Lagen, so dass Zelle für Zelle Gerbstoff enthält. Im übrigen Parenchym liegen sie zerstreut, in den meisten Fällen scheinbar ohne Anordnung (z. B. *Acer Pseudoplatanus*, *Juglans regia*, *Fagus silvatica*, *Salix Caprea*). Dagegen bilden sie hie und da auch netzförmig mit einander verbundene Zellreihen, wie z. B. bei *Quercus pedunculata*. Hier ziehen sich die gerbstoffhaltigen Zellen in unregelmässigen, radial und tangential verlaufenden Linien vom Bast bis zu dem Collenchym durch den inneren Theil der primären Rinde. Sie schliessen auf diese Weise Complexe gerbstoffleerer Zellen ein, deren Anzahl sehr verschieden ist, in den meisten Fällen ca. 3—12 beträgt.

Im inneren Theile der primären Rinde befinden sich, wie bekannt, reichlich Krystalle verschiedener Form, bald Einzelkrystalle (z. B. bei *Acer Pseudoplatanus*, *Pirus communis*, *P. Malus*, *P. torminalis*, *Populus nigra*), bald Drusen darstellend (z. B. bei *Tilia grandifolia*, *T. parvifolia*, *Aesculus Hippocastanum*, *Rhamnus Frangula*, *Pirus aucuparia*, *Prunus Armeniaca*, *P. avium*, *Juglans regia*, *Quercus pedunculata*), beide Krystallformen bekanntlich öfters in longitudinalen Reihen angeordnet. Alle diese Krystallführenden Zellen sind stets gerbstoffleer.*)

Im Bast findet sich Gerbstoff meist reichlich, jedoch bei der heterogenen Natur der Elemente desselben selbstverständlich je in den einzelnen Theilen, in Steinparenchym, Bastfasern, Bastmarkstrahlen und Weichbastelementen in verschiedener Art vertheilt.

Das Steinparenchym, das vielfach die Hartbastbündel verbindet (ohne zu ihnen zu gehören) ist, wo es auftritt, meist gerbstoffhaltig (*Acer Pseudoplatanus*, *A. platanoides*, *Aesculus Hippocastanum*, *Mespilus oxyacantha*, *Pirus communis*, *Juglans regia*, *Fagus silvatica*, *Quercus pedunculata*, *Betula alba*,

*) Schon Sanio hat dies (Bot. Zeitung 1863 p. 19—20) bemerkt.

Alnus glutinosa, *A. incana*, *Corglus Avellana*, *Carpinus Betulus*) Nur *Fraxinus excelsior* machte eine Ausnahme.

Die Bastfasern sind meist leer. Die aus der Familie der *Amygdalaceen* untersuchten Holzarten (*Amygdalus Persica*, *Prunus Armeniaca*, *P. spinosa*, *P. domestica*, *P. avium*, *P. Cerasus*, *P. Padus*) zeigen in ihren Bastfasern hie und da braune Massen; und auch da ist es nur eine verhältnissmässig kleine unter der grossen Masse der leeren Faserzellen. Diese mit Inhalt versehenen Bastfasern liegen ohne bestimmte Anordnung zerstreut unter den übrigen, in der Regel zahlreicher auf der äusseren Seite des Hartbastes.

Im Weichbast fehlt Gerbstoff selten gänzlich. Bei *Prunus Armeniaca* allerdings ist z. B. in dem von stark gerbstoffhaltigen Markstrahlen durchzogenen Weichbast nicht eine Spur zu finden (ebenso verhält sich *Prunus spinosa* und *P. domestica*); bei der verwandten *Amygdalus Persica* dagegen sind unter sonst gleichen Verhältnissen einzelne zerstreute Zellen gerbstoffhaltig: es sind Bastparenchymzellen. Ueberhaupt sind es unter den Elementen des Weichbasts die letzteren, die den Gerbstoff führen; die Siebröhren fand ich immer gerbstoffleer. Gerbstoffhaltige und gerbstoffleere Elemente wechseln mitunter in regelmässiger, concentrischer Anordnung ab, so bei *Ribes aureum* und *Cornus sanguinea*, noch schöner bei *Rhus typhina*. Auch *Thuja occidentalis* und *Juniperus communis* gehören hierher, von denen *Juniperus* später genauer beschrieben werden soll.

Die Bastmarkstrahlen verhalten sich verschieden bei den untersuchten Laub- und Nadelhölzern. Erstere haben stets mehr oder weniger Gerbstoff; am wenigsten fand ich bei *Ampelopsis hederacea*, und *Rhus typhina*, die bloss sehr vereinzelte Gerbstoffzellen zeigen. Bei den untersuchten *Grossulariaceen* (*Ribes Grossularia*, *R. nigrum*, *R. rubrum*, *R. aureum*) findet er sich nur in den kleinen Markstrahlen, während die grossen Markstrahlen regelmässig leer sind. Sehr reichlich tritt er dagegen auf bei der Familie der *Amygdalaceen* und einigen *Pomarien*, wo er sämmtliche Markstrahlzellen erfüllt, so dass hier die Strahlen in schön markirten, nach

aussen sich verbreiternden Linien den starkentwickelten Basttheil durchziehen.

Anders verhalten sich die Nadelhölzer. *Juniperus communis*, *Thuja occidentalis*, *Pinus silvestris* und *Picea excelsa* zeigen nie Gerbstoff in den Markstrahlen des Bastes (im Gleichen auch im Holze), wenn auch die anliegenden Gewebe ziemlich reich daran sind. Bei *Larix decidua* sind hier und da, besonders in Schnitten aus den oberen Theilen einjähriger Triebe einige gerbstoffhaltige Zellen zu finden.

Im Cambriumring, wo bekanntlich zwei verschiedene Zellenelemente vorhanden sind, die zarten Cambialfasern der Gefässbündel und die derbwandigeren Fortbildungszellen der Markstrahlen, zeigen erstere sich meist gerbstoffleer. Nur in einigen wenigen Fällen scheint eine schwachröthliche Färbung, die sich dann gewöhnlich auch über die gesammten Zellen des Bastes und der Rinde verbreitet, auf Gerbstoffgehalt zu deuten (z. B. *Lonicera Xylosteum*, *Ligustrum vulgare*, *Syringa vulgaris*, *Fraxinus excelsior*, *Lycium barbarum*). Ferner wurde bei *Quercus pedunculata*, *Alnus glutinosa* und *Salix alba* etwas Gerbstoff in den Cambialfasern gefunden, aber nur in einer sehr geringen Anzahl neben einander liegender Zellen, während der weitaus grösste Theil völlig frei ist.

Auch die Fortbildungszellen der Markstrahlen erweisen sich häufig als gerbstoffleer (z. B. *Tilia grandifolia*, *T. parvifolia* (bei beiden hin und wieder Spuren) *Acer Pseudoplatanus*, *Aesculus Hippocastanum*, die *Grossulariaceen*, *Ulmus effusa*, die *Gymnospermen*); in andren Fällen wurde Gerbstoffandeutung in einzelnen, wenigen Zellen gefunden (*Ampelopsis hederacea*, *Vitis vinifera*, *Rhus typhina*, *Cornus sanguinea*, *Viburnum Lantana*, *V. Opulus*, *Juglans regia*, *Fagus silvatica*, *Salix Caprea*, *S. alba*). Am reichlichsten tritt Gerbstoff auf bei den *Amygdalaceen*, *Pomarien*, und — ausschliesslich der *Salicaceen* — bei der Mehrzahl der *Amentaceen*.

Das Holz ist der gerbstoffärmste Theil des Zweiges. In den Holzfasern und Gefässen ist nur äusserst selten und augenscheinlich nur unter abnormen Verhältnissen Gerbstoff vorhanden z. B. bei *Alnus glutinosa*, wo die characteris-

tische Gerbstofffärbung sich in einzelnen Trieben nicht nur dem Inhalt sowie den Wänden der Zellen des gesammten Rinden- und Basttheils mittheilt, sondern auch dem Cambium und einem Theil des Holzes.

Auch Markstrahlen und Holzparenchym sind, mit der Rinde verglichen, keineswegs reich an Gerbstoff. Den ersteren fehlt er zwar wohl nie völlig, jedoch findet er sich häufig nur in verschwindend kleiner Menge und dann meist nur in der Nähe des Marks. Besonders tritt dies bei den Nadelhölzern hervor, die (bis auf *Larix decidua*, welche etwas reichhaltiger ist) fast leere Markstrahlen zeigen. Aehnlich die *Salices*, denen sich eine nicht unbedeutende Reihe anderer Holzarten mit nur wenig grösserem Gehalt anschliesst (*Acer platanoides*, *A. Pseudoplatanus*, *Ampelopsis hederacea*, *Vitis vinifera*, *Rhamnus cathartica*, *R. Frangula*, *Rhus typhina*, *Lycium barbarum*, *Juglans regia*, *Platanus occidentalis*, *Ulmus effusa*). Bei den *Grossulariaceen* finden sich die grossen Markstrahlen stets leer, die kleinen dagegen gerbstoffhaltig. Am gerbstoffreichsten sind die Markstrahlen der *Amygdalaceen* und *Pomarien*, wo die Zellen sämmtlich Gerbstoff aufweisen.

Man sieht aus dem vorstehend über die Holzmarkstrahlen Gesagten, dass sie sich im Wesentlichen den Rindenmarkstrahlen gleich verhalten, doch unterscheiden sie sich von ihnen sehr auffallend durch die geringere Menge Gerbstoff.

Das Holzparenchym ist vielfach gerbstoffleer. In wenig Fällen tritt etwas Gerbstoff reichlicher auf; so bei *Alnus incana* und besonders bei den Nadelhölzern: *Juniperus communis* nnd *Thuja occidentalis*. In den übrigen Holzgewächsen findet er sich nur spärlich (*Tilia grandifolia*, *T. parvifolia*, *Aesculus Hippocastanum*, *Rhus typhina*, einige *Amygdalaceen* und *Pomarien*, *Syringa vulgaris*, *Fraxinus excelsior*, *Platanus occidentalis*, *Larix decidua*), und sehr selten so, dass sämmtliche Holzparenchymzellen welchen enthalten. Am häufigsten tritt er noch in denen auf, welche, in der Nähe des Marks gelegen, an Gefässe grenzen. Hier der Niederschlag sehr häufig in Form kleiner Kugeln, im Verein mit Stärkekörnern.

An die langgestreckten Holz- und Gefässzellen des Holzkörpers schliessen sich weiter nach dem Mark zu kurze, parenchymatische Zellen an mit stark verdickten Wänden, die Markkrone darstellend. Diese ist fast immer reich an Gerbstoff (*Tilia grandifolia, Pirus aucuparia, Alnus glutinosa, A. incana, Corylus Avellana*). — In einer verhältnissmässig geringen Anzahl von Fällen fehlte derselbe fast (*Acer Pseudoplatanus, Ampelopsis hederacea, Vitis vinifera, Rhamnus Frangula, Rhus typhina, Ulmus effusa*).

Das Mark selbst ist beim ruhenden Zweige vielfach abgestorben und lufthaltig. Wo es noch lebendig ist, da enthält es in der Regel Gerbstoff, allerdings in verschiednen Mengen. Gewöhnlich liegen dann die gerbstoffhaltigen Zellen zerstreut in dem übrigen Parenchym, meist einzeln (*Mespilus oxyacantha, Ribes Grossularia, R. nigrum, R. aureum, Alnus glutinosa, A. incana*). In anderen Fällen aber eigenthümlich gruppirt So bei *Pirus Malus, Tilia grandifolia, Rosa canina.* Bei der ersten sind es die stärkehaltigen Zellen, die zugleich Gerbstoff führen. Diese liegen hier, wie Gris zuerst gezeigt (Annales des sc. nat. Sér. V. Tom. XIV. p. 66) in Gruppen; im Längsschnitt (vgl. dessen Figur a. a. O. Pl. 6. fig. 4.) in Längsreihen. Bei der Rose (*Rosa canina var. dumetorum*), von deren Markzellenstruktur Gris gleichfalls ein Bild gibt (a. a. O. Pl. 5. fig. 11 und 12), sind es wiederum die kleinen derbwandigen, mehlhaltigen Zellen, die zugleich den Gerbstoff führen. Auch die Krystalldrusen des Marks bedingen durch ihre Gegenwart stets Ausschluss von Gerbstoff in den betreffenden Zellen.

Endlich sei auch noch der Saftbehälter und ihrer Umgebung gedacht.

Die Schleimdrüsen, ihr Inhalt und ihre Umgebung (sehr zahlreich bei *Tilia*) sind gerbstoffleer.

In gleicher Weise sind die Grenzzellen der Milchsaftgänge von *Rhus typhina* ohne Gerbstoff. Der Milchsaft selbst dieser Pflanze ist dagegen gerbstoffhaltig. Schon Karsten (Monatsberichte der Königl. Preuss. Akademie der Wissen-

schaften zu Berlin 1857. pag. 76) hat dies bei einigen Aroideen *Musa sapientum* u. a. beobachtet, Trécul bestätigte es einige Jahre später (Annales des sc. nat. Sér. V. Tom. IV. pag. 331) *).

Hinsichtlich der Harzgänge hat bereits Franchimont (Arch. néerl. VI. 1871. p. 428. Pl. VIII.) dargethan, dass dieselben bei *Pinus Laricio* im Holz überhaupt ohne Gerbstoff sind, in der Rinde dagegen von 1—2 gerbstoffhaltigen Zellreihen umgeben werden, bei gerbstoffloser Epithelschicht. Ich kann dies für *Pinus silvestris* bestätigen **).

Im Vorstehenden ist besonders die Vertheilung in Geweben und im Querschnitt berücksichtigt; was nun die vertikale Vertheilung des Gerbstoffs betrifft, so finden sich die Zellen gewöhnlich in Längsreihen angeordnet. So besonders in Markkrone und Rinde, z. B. bei *Tilia grandifolia, Quercus pedunculata, Corylus Avellana, Betula alba, Carpinus Betulus, Cornus sanguinea,* (unterbrochne besonders im Mark bei *Tilia parvifolia, Gleditschia triacanthos Alnus glutinosa* u. a.)

Doch sind auch hin und wieder, besonders im inneren Theil der primären Rinde einzelne Zellen isolirt im übrigen gerbstofffreien Parenchym gelegen; das ist jedoch der seltnere Fall (z. B. bei *Pirus aucuparia, P. torminalis, Mespilus oxyacantha* u. a.) — —

Diesen allgemeinen Angaben über die Vertheilung des Gerbstoffs in Holzpflanzen möge die nähere Beschreibung einzelner, besonders charakteristischer Fälle folgen. Beginnen wir mit der Beschreibung der Vertheilung in der bekanntesten Gerbstoffpflanze und Gerbstoffnutzpflanze, der *Eiche.*

---

*) Trécul bemerkt in derselben Abhandlung, (p. 382) dass einige Pflanzen in gewissen Zellreihen Gerbstoff aufweisen, während sich bei anderen, jenen nahe verwandten Gewächsen in den analogen Zellen Milchsaft vorfindet. Es scheine demnach Gerbstoff und Milchsaft in sehr naher Beziehung zu einander zu stehen

**) In den Blättern von *Pinus silvestris* ist es die Schicht dickwandiger Fasern, die Gerbstoff enthält; im Blatt von *Juniperus communis* dagegen enthalten die Epithelzellen sicher Gerbstoff.

1. *Quercus pedunculata* hat unter dem gerbstofffreien Periderm ein gerbstoffreiches Phellogen und mehrreihiges Phelloderm. Der an letzteres sich anschliessende collenchymatische Theil des Rindengrundgewebes, aus ca. 4 Lagen bestehend, enthält fast in allen Zellen Gerbstoff, nicht aber das weiter nach innen gelegne, zartwandige, aus ungefähr 8 Zelllagen bestehende Parenchym derselben. In diesem durchziehen, wie schon oben erwähnt, lineare Reihen gerbstoffhaltiger Zellen in tangentialer und radialer Richtung den zwischen Hartbastbündel und Rindencollenchym gelegnen Theil des Grundgewebes und bilden so Zellmaschen, welche gerbstofffreie Zellinseln von ca. 4 - 12 Zellen einschliessen. Im Längsschnitt bilden die gerbstoffhaltigen Zellen Längsreihen, welche hie und da, am wenigsten im Collenchym, durch gerbstoffreie unterbrochen werden, in denen oft Krystalldrusen zu finden sind.

Das gerbstoffreiche Steinparenchym verbindet die gerbstoffleeren Hartbastbündel mit einander und bildet mit diesen zusammen Ringe dickwandiger Zellen, welche Rindengrundgewebe und Bast scharf von einander trennen.

Die Markstrahlen des letzteren enthalten Gerbstoff in allen Zellen und durchziehen den übrigen Bast in langen, geraden Linien. Zwischen ihnen befinden sich die gerbstoffhaltigen Zellen des Weichbasts, meist zerstreut unter den übrigen liegend, zuweilen tangentiale Reihen bildend; Siebröhren und Gitterzellen sind gerbstofffrei. *)

Im Cambium enthalten in der Regel nur die Fortbildungszellen der Markstrahlen Gerbstoff, zuweilen auch vereinzelte Zellen der Cambialfasern. Der Cambiumring umschliesst den gerbstoffärmsten Theil des Eichenzweigs, das Holz. Dessen Gerbstoffgehalt beschränkt sich auf die Markstrahlen sowie das Holzparenchym; in beiden tritt er nicht reichlich auf, in letzterem fehlt er zuweilen ganz. Auch die

---

*) Hartig (Bot. Zeitung 1865 p. 237) gibt in seinen „Mittheilungen über das Gerbmehl" an, dass Gerbstoff auch in den „Siebzellfasern" auftrete. Ich habe die Siebröhren stets frei davon gefunden.

das Mark begrenzende Markkrone zeigt, verglichen mit andern Holzpflanzen, z. B. *Alnus*, beträchtlich geringere Menge Gerbstoff, so dass Holz und Mark hier nicht durch eine scharf markirte Binde gerbstoffhaltiger Zellen getrennt werden, wie es sonst häufig der Fall zu sein pflegt.

Das Mark enthielt in einem der untersuchten Exemplare nur Stärke, die sich auf bestimmte Zellgruppen beschränkte; in einem anderen Falle trat in jenen stärkehaltigen Gruppen auch Gerbstoff auf, stets aber in geringer Menge.

Hieran reihe sich die Beschreibung einer Holzpflanze, die mit *Quercus* zu den gerbstoffreichsten gehört:

2. *Alnus incana*. Das Periderm, aus ca. 11 Zelllagen bestehend, ist auch hier, als abgestorben, gerbstoffleer. Unmittelbar darunter liegen die beiden Zellreihen des Phellogens und Phelloderms, beide durchweg gerbstoffhaltig. Auch das sich anschliessende Rindenparenchym, ungefähr 11 Lagen bildend, besitzt in allen Zellen (auf Quer- und Längsschnitt) Gerbstoff. Nur sehr wenige, meist im innern Theil der Rinde gelegne Zellen sind gerbstofffrei und füllen ihr Lumen zuweilen mit Krystallen. Das Steinparenchym, welches die Hartbastbündel mit einander verbindet, ist hier stark entwickelt und enthält fast in allen Zellen Gerbstoff.

Im Bast treten die gerbstofflosen Hartbastbündel in dem gerbstoffreichen Weichbast zunächst auffallend hervor. Letzterer, zum grossen Theil aus gestreckten Bastparenchymzellen bestehend, giebt in diesen und den grossen, einreihigen Markstrahlen starke Gerbstoffreaktion, während die dazwischen gelegenen Siebröhren oder kurzen drusenführenden Zellen völlig gerbstoffleer sind. Das gerbstofflose Holz ist von einreihigen, gerbstoffhaltigen Markstrahlen durchzogen, in denen aber gleichwie in den einzelnen eingesprengten Parenchymzellen der Gerbstoff ansehnlich weniger vorhanden ist.

Nach dem Mark zu gehen, wie bei der vorigen Pflanze, die Markstrahlen in die Markkrone über, welche mit ungefähr 3—4 Lagen stark gerbstoffhaltiger, ununterbrochene Längsreihen bildender Zellen den Holzkörper abschliesst. Im Mark

liegen einzelne Gerbstoffzellen unter den übrigen gerbstofffreien zerstreut.

3. *Prunus Cerasus.* Die äussersten Zellschichten, das ziemlich stark entwickelte Periderm, sind natürlich gerbstoffleer. Die sich anschliessenden Phellogen und Phelloderm (von ca. 2 Lagen) sind beide gerbstoffhaltig. In beiden geben alle Zellen mehr oder weniger Gerbstoffreaktionen, doch weist die ungleiche Reaktion darauf hin, dass der Gerbstoff die Zellen nicht reichlich erfüllt.

Das sich anschliessende parenchymatische Rindengrundgewebe, ungefähr 8 Lagen darstellend, enthält in seinem äusseren und mittleren Theile mehr gerbstofffreie Zellen als gerbstoffhaltige. Letztere liegen im Querschnitt regellos zerstreut unter den ersteren, bilden aber auf dem Längsschnitt ca. 4 Zellreihen, die öfters unterbrochen sind; hin und wieder sind die Zellen aber auch hier isolirt. Die innersten tangential gestreckten Zellen, welche die Bastfasern umgeben, sind reichlich mit Gerbstoff versehen und bilden im Querschnitt eine hin und wieder durch eine gerbstofflose Zelle unterbrochene, sonst continuirliche, tangentiale Gerbstoffbinde; im Längsschnitt zeigen sich diese Zellen ebenfalls öfter durch gerbstofffreie oder stärkehaltige Zellen unterbrochen.

Bastfasern, Bastparenchym, Siebröhren und Cambialfasern sind sämmtlich gerbstofffrei. Dagegen werden sie von ein- oder öfter mehrreihigen Markstrahlen, deren sämmtliche Zellen gerbstoffhaltig sind, durchzogen. Diese bilden scharf markirte, nach aussen durch Grösserwerden der Zellen oder tangentiale Vermehrung sich verbreiternde, auffallende, radiale Bänder.

Im Holzkörper beschränkt sich der Gerbstoff auf die Markstrahlen und tritt in diesen Zelle für Zelle auf, ist aber, wie aus der Art des Niederschlags hervorgeht, in geringerer Menge als in den Bastmarkstrahlen vorhanden.

Nach innen gehen die ein- oder mehrreihigen Markstrahlen unmittelbar in die gerbstoffreichen Zellen der Markkrone über und umfassen in mehrreihigen Bogen die Markseite der Stränge. Uebrigens enthalten auch die ausserhalb

der ersten Gefässe liegenden Parenchymzellen des Holzes reichlich Gerbstoff.

Das Mark ist abgestorben und gerbstoffleer.

4. *Pirus aucuparia.* Unter dem Periderm, welches die schon von Sanio (Pringsheim's Jahrbücher für wissensch. Bot. 1860 Bd. II p. 61) näher beschriebene Struktur besitzt, liegt ein gerbstoffreiches Phellogen, dem sich weiter nach innen zu ein aus 2 Lagen bestehendes, ebenfalls gerbstoffhaltiges Phelloderm anschliesst. Letzteres umgiebt das aus ca. 12 Zelllagen bestehende Rindengrundgewebe.

Der äussere Theil desselben, ca. 3—4 Zelllagen bildend, ist collenchymatisch verdickt und enthält fast in allen Zellen Gerbstoff. Sein innerer Theil wird aus ungefähr 8—9 Reihen gebildet und ist weit gerbstoffärmer als das Collenchym. Die Mehrzahl seiner Zellen ist gerbstoffleer, unter ihnen liegen ordnungslos diejenigen, die Gerbstoff enthalten. Aehnliche Unterschiede machen sich auf den Längsschnitt geltend. Die gerbstoffhaltigen Zellen des Collenchyms bilden hier ununterbrochene Längsreihen; im inneren Parenchym sind sie zwar zuweilen (stets die an den Hartbastbündeln gelegnen) in gleicher Weise angeordnet, häufiger aber bilden sie kurze, unterbrochene Zellreihen, oder liegen isolirt im Grundgewebe.

Die halbmondförmigen, gerbstoffleeren Hartbastbündel, werden aussen von einer grösserzelligen, 1—2 reihigen, innen von einer kleinzelligen, discontinuirlichen Schicht von Gerbstoffzellen umgeben. Von den übrigen Elementen des Basts enthalten die Markstrahlen in der Regel allein Gerbstoff und durchziehen daher in scharfmarkirten Linien das gerbstoffleere Gewebe. Ebenso im Cambium.

Das Holz, verglichen mit der Rinde, ist gerbstoffarm, reich aber im Verhältniss zu dem Gerbstoffgehalt anderer Bäume. Die zahlreichen einreihigen Markstrahlen sind sämmtlich reich mit Gerbstoff versehen; auch in dem zerstreuten Holzparenchym zeigt sich hier und da ein geringer Gerbstoffgehalt.

Im innern Verlauf gehen die Markstrahlen über in die Markkrone, welch durch eine 2—3 schichtige, dickwandige

Lage gerbstoffhaltiger Zellen scharf absticht gegen das dünnwandige Mark.

Dieses besteht der Hauptmasse nach aus dünnwandigen, feinporösen, leeren Zellen, zwischen denen ganz zerstreut und ordnungslos dickwandige, gerbstoffhaltige Steinzellen gelegen sind.

5. Bei *Tilia grandifolia* findet sich in dem vorliegenden Falle aussen anstatt des bei ruhenden Zweigen gewöhnlichen Korks die Epidermis vor, in sämmtlichen Zellen Gerbstoff enthaltend.

Die sich anschliessende Rinde zerfällt in 2 Schichten, eine äussere, ungefähr 4 Zelllagen bildende, collenchymatische, und eine innere 6—7 schichtige, sehr zartwandige, in deren Mitte ungefähr die fast kreisrunden Schleimbehälter liegen.

Den auffallenden Strukturdifferenzen dieser Aussenrinde entspricht ein auffallend verschiedener Inhalt. Während die Collenchymzellen sämmtlich gerbstoffhaltig sind, ist das zartwandige Parenchym mit seinen Schleimbehältern und Krystalle führenden Zellen fast gerbstoffleer.

Der übrige Theil der Rinde wird bekanntlich von den aus schönen Bastkeilen gebildeten Phloëm und zwischenliegenden Markstrahlkeilen gebildet. Während die dreieckigen Bastmassen nur von einreihigen, gerbstoffhaltigen Markstrahlen durchzogen sind und einzelne, wenige, gerbstoffhaltige Parenchymzellen enthalten, sonst aber gerbstoffleer erscheinen, sind in den zwischen die Bastkeile eindringenden Parenchymmassen im Innern gewöhnlich mehrere schmale, aussen aber ein breites Tangentialband gerbstoffhaltiger Zellen vorhanden, zwischen denen farblose Binden liegen. Auch vor der Spitze der Bastkeile liegen ein bis mehrere Reihen Gerbstoffzellen.

Im Cambium liess sich Gerbstoff nicht auffinden.

Im dünnmaschigen Holze sind die Markstrahlen gewöhnlich alle, von den Holzparenchymzellen wenige gerbstoffhaltig. Hinter dem Holze die gerbstoffreiche Markkrone. Im Mark liegen die kleinern Gerbstoffzellen gewöhnlich gruppenweise zu 2—6, von den weiteren, völlig gerbstofflosen übrigen Zellen

oft rosettenartig umgeben. Die Gruppen des Querschnitts bilden längsgesehen senkrechte Reihen.

6. *Rosa canina var. dumetorum* ist ähnlich der *Tilia grandifolia* noch mit der Epidermis versehen, die in allen Zellen Gerbstoff enthält.

Die darunter gelegene Rinde, aussen Collenchym, innen dünnwandiges Parenchym darstellend, ist in ihrer ganzen Ausdehnung reich an Gerbstoff. Im Collenchym sind alle Zellen gerbstoffhaltig, im Innenparenchym nur eine geringe Anzahl, statt dessen meist mit Drusen versehen.

Im Bast vertheilt sich Gerbstoff auf die parenchymatischen Zellen des Weichbasts und die Markstrahlen, in denen beiden er reichlich auftritt und zwischen denen die gerbstofffreien Hartbastbündel wie Inseln erscheinen.

Durch das im Uebrigen leere Cambium verlaufen die gerbstoffhaltigen Markstrahlen mit im Holze bis zur Markkrone immer mehr abnehmenden Gehalt. Letztere enthält anders, als es gewöhnlich zu sein pflegt, Gerbstoff nur in wenigen Zellen, welche um die Spiralgefässe herum vertheilt sind. Die von Markstrahlen und Markkrone umschlossenen Holzkeile sind völlig gerbstoffleer.

Das Mark wird von 2 Zellenelementen gebildet (Gris a. a. O.). Sehr grosse lufthaltige und dünnwandige nehmen den grössten Theil des Raumes in Anspruch. Zwischen ihnen liegen Complexe weit engerer und derbwandig poröser Zellen, im Querschnitt kleine, fast netzartig verbundene Gruppen oder Linien bildend, längsgesehen in Reihen geordnet, die neben Mehl reichlich Gerbstoff enthalten.

7. Eine ebenfalls instructive Vertheilung des Gerbstoffs zeigen die Nadelhölzer, unter diesen *Juniperus communis* und *Thuja occidentalis.*

Erste Pflanze hat Gerbstoff im Phellogen und sehr zerstreut in einigen grossen runden Zellen der parenchymatischen Rinde.

Der angrenzende Bast besitzt bekanntlich eine sehr regelmäsige, schon von Mohl (Bot. Zeitung 1855 p. 891)

beschriebene Struktur. Zwischen je 2 Reihen der einreihig concentrisch verlaufenden Bastfasern finden sich fast regelmässig 3 Tangentialreihen Weichbast, von denen die mittlere eine Parenchymzellreihe bildet, die 2 äusseren von siebröhrenähnlicher Struktur sind. (Mohl l. c. T. XV Fig. 8 u. 9). Im einjährigen Trieb wiederholt sich diese Formation ungefähr 4—5 mal. Jedesmal enthalten die weiteren Parenchymzellen ansehnlich Gerbstoff. Die übrigen Elemente, die Markstrahlen nicht ausgeschlossen, sind gerbstofffrei.

Cambium, Holzmarkstrahlen und Holzfasern sind stets gerbstoffleer, dagegen die zahlreichen, zerstreuten Holzparenchymzellen sehr scharf durch ihren Gerbstoffgehalt hervortretend.

Die zerstreuten Gerbstoffzellen des Marks liegen in vertikalen Längsreihen.

Es möge folgen die Beschreibung der Vertheilung bei:

8. *Pinus silvestris*. Das Periderm ist gerbstoffleer, nicht das sich unmittelbar anschliessende Phellogen.

Dieses umgiebt ein aus ca. 11 Lagen gebildetes, weitmaschiges Rindengrundgewebe, in dem reich gerbstoffhaltige Zellen bald ordnungslos, bald in radialen Linien liegend angetroffen werden. Im Längsschnitt bilden diese Zellen kurze Längsreihen oder treten auch isolirt auf. In diesem Theile liegen auch die weiten Harzgänge, ausser den gerbstofflosen Epithelzellen von 2 concentrischen Kreisen von Zellen umgeben, deren innerer stets Zelle für Zelle gerbstoffhaltig ist, während in dem äusseren auch zuweilen gerbstofffreie Zellen auftreten.

Im Bast ist Gerbstoff nur spärlich vorhanden, er fehlt in den Markstrahlen und allen Elementen des Weichbasts mit Ausnahme des Bastparenchyms; die Anordnung der gerbstoffhaltigen Parenchymzellen ist öfters ziemlich regelmäsig concentrisch. Ich hebe als von besonderem Interesse hervor, dass im Bast gelegene Harzgänge im Gegensatz zu denen in der Rinde gänzlich gerbstoffleer sind.

Cambium und Holz sind ebenso wie die im letzteren gelegnen Harzgänge durchweg gerbstofffrei; nur selten tritt in

den Markstrahlen des letzteren ein ganz unbedeutender Gehalt unmittelbar an der Markkrone auf. Diese selbst enthält nur wenig Gerbstoff, etwas mehr das Mark, in denen seine Zellen in oft unterbrochnen Längsreihen angeordnet sind.

So weit über Beschreibung der Gerbstoffvertheilung in einigen speciellen Fällen.

Es sei hier kurz noch erwähnt, dass bei Vergleichung verwandter Pflanzen bei einem Theile der Holzgewächse sich ziemlich nahe Beziehungen ergeben in Vorkommen sowohl, als in der Art der Vertheilung des Gerbstoffs.

Ganze Familien einheimischer Holzpflanzen stimmen hierin zuweilen auffällig überein wie z. B. die *Amygdalaceen*, *Grossulariaceen*, *Oleaceen* u. a. Jedoch ist diese Gleichartigkeit keine durchgehende. Es zeigen öfters nicht nur Gattungen derselben Familie erhebliche Unterschiede, z. B. *Sambucus* und *Viburnum* unter den *Caprifoliaceen*, sondern ,zuweilen auch Arten derselben Gattung z. B. *Lonicera Xylosteum* und L. *Caprifolium*.

II.
Der Gerbstoff im Blatt.

Im Anschluss an die vorhergehende Mittheilung über die Vertheilung des Gerbstoffs in ruhenden Zweigen möchte ich noch einige Mittheilungen über die Vertheilung desselben im Blatt geben.

Zunächst haben im Allgemeinen die Pflanzen, deren Zweige gerbstofflos sind, auch gerbstofflose Blätter, gerbstoffarmen und gerbstoffreichen Zweigen entsprechen gerbstoffarme und -reiche Blätter. Es ist jedoch zu berücksichtigen, dass manche junge Zweige in der Epidermis Gerbstoff besitzen, denselben aber mit der Korkbildung verlieren. So kommt es, dass Zweige im Ruhezustand gerbstofffrei erscheinen, während ihre Blätter wenigstens eine geringe Menge davon besitzen (*Clematis Vitalba*).

Derjenige Blattheil, dessen Vertheilung der im ruhenden Zweige am meisten entspricht, ist, wie denklich, **der Blattstiel·**

Derselbe ist daher z. B. fast gerbstofffrei oder zeigt nur in den äusseren Theilen durch eine schwache, schmutzig gelbliche Färbung des Zellinhalts Spuren von Gerbstoff bei *Cytisus Laburnum* und *Colutea arborescens.*

In den anderen Fällen findet sich Gerbstoff in grösserer Menge. Dann ist er zunächst in der Epidermis anzutreffen, zuweilen auf der Oberseite des Stiels reichlicher als auf der untern (*Prunus avium*). Bei einigen andren Pflanzen beschränkt sich der Gerbstoff im Blattstiel auf diesen Theil und verbreitet sich höchstens noch über sehr wenige Zellen des anstossenden Grundgewebes, der innere Theil des Stiels bleibt frei (*Evonymus europaea, Syringa vulgaris*).

In dem unter der Epidermis gelegnen Grundgewebe findet sich gleichfalls Gerbstoff; er tritt, wie in der Rinde der ruhenden Zweige, am reichlichsten auf in den der Epidermis unmittelbar anliegenden collenchymatischen Schichten (*Mespilus oxyacantha, Betula alba, Alnus glutinosa, Corylus Avellana*). In dem inneren Blattgrundgewebe aber findet sich Gerbstoff nur in sehr vereinzelten, ordnungslos zerstreuten Zellen; in einigen wenigen Fällen ziehen sich einreihige Binden von Gerbstoffzellen von dem Collenchym der Oberseite des Stiels in ziemlich gerader Richtung bis in die Nähe der Gefässbündel (*Mespilus oxyacantha, Prunus avium, Pirus aucuparia*).

Die Gefässbündel endlich sind bis auf die vorhin erwähnten Ausnahmen meist gerbstoffhaltig. Häufig werden sie nach der Oberseite abgegrenzt durch eine Reihe gerbstoffhaltiger Zellen, die der Markscheide ihrer Lage nach entsprechen (*Prunus avium, Mespilus oxyacantha, Pirus aucuparia*). Im Gefässbündel selbst finden sich Gerbstoffzellen besonders verbreitet im Bast (*Quercus pedunculata, Betula alba, Alnus glutinosa*), weniger reichlich im Holz, in welchem sie nach dem Verlauf der Markstrahlen linear angeordnet sind (*Alnus glutinosa, Mespilus oxyacantha*). Am reichsten sind: *Ribes rubrum, Fagus silvatica, Quercus pedunculata, Betula alba, Alnus glutinosa.*

Eine ganz analoge Vertheilung zeigen die Nerven der Blätter, mit nur wenigen, ihrer geringeren Entwickelung entsprechenden Abweichungen. Diese bestehen darin, dass

bei Abnahme des Umfangs der Gerbstoffgehalt im Inneren der Bündel ab-, in den äusseren begrenzenden Zellen dagegen zunimmt. Die feinsten im Mesophyll verlaufenden Stränge, selbst gerbstoffleer, werden völlig von einem Kreis gerbstoffhaltiger Zellen eingeschlossen (Stärkescheide) z. B. bei *Prunus avium*, *Mespilus oxyacantha* u. a.

In der **Blattspreite** selbst ist die Epidermis häufig gerbstoffhaltig, wenn das Mesophyll gerbstoffleer erscheint (*Evonymus europaea*, *Syringa vulgaris*, *Prunus avium*). Dabei enthält zuweilen die Epidermis der Oberseite mehr Gerbstoff als auf der Unterseite (noch nicht völlig entwickeltes Blatt von *Prunus avium*). Die auf der Unterseite befindlichen Schliesszellen der Spaltöffnungen zeigen bei *Pirus aucuparia* und *Prunus avium* einen nur sehr geringen Gerbstoffgehalt (kleine rothbraun gefärbte Körner); bei *Evonymus europaea* dagegen sind die Schliesszellen fast ebenso gerbstoffreich als ihre Nachbarzellen.

Das chlorophyllhaltige Mesophyll ist hie und da frei von Gerbstoff (*Evonymus europaea*, *Prunus avium*), oder enthält denselben in nur sehr geringer Menge (*Clematis Vitalba*, *Juglans regia*, *Pirus aucuparia*, *Fagus silvatica*). In letztem Falle beschränkt sich dieser zuweilen auf das Pallisadenparenchym das dann Zelle für Zelle Gerbstoff enthält (*Juglans regia*, *Pirus aucuparia*). In gerbstoffreichen Pflanzen sind beide Theile des Mesophylls gerbstoffhaltig, in der Regel aber das Pallisadenparenchym reicher und in allen Zellen (*Quercus pedunculata*, *Betula alba*, *Alnus glutinosa*, *Corylus Avellana*). Bei *Ribes rubrum* allein wurde der umgekehrte Fall beobachtet. Eine besondere Anordnung der Gerbstoffzellen im Schwammgewebe konnte ich nicht finden.

III.

Entwickelungsgeschichtliches.

Um die Entwicklungsgeschichte des Gerbstoffs und sein geschildertes Auftreten in den Geweben der Zeit nach ken-

nen zu lernen, wurden Vegetationsspitzen und junge Triebe in der gleichen Weise wie oben behandelt, dabei auch auf die jungen Blätter Rücksicht genommen.

Schon Karsten bemerkte (Monatsberichte der Königl. Preuss. Akademie der Wissenschaften 1857 p. 80), dass Gerbstoff „in dem jüngsten noch von der Cuticula bedeckten Cambium der Terminalknospe“ nicht vorhanden sei. Auch ich habe in dem oberen Urgewebe der Vegetationskegel einer Anzahl Holzpflanzen keine Spur davon auffinden können (*Tilia grandifolia*, *Pirus aucuparia*, *Evonymus europaea*, *Acer Pseudoplatanus*, *Mespilus oxyacantha*, *Ribes rubrum*, *Cornus sanguinea*, *Syringa vulgaris*, *Juglans regia*, *Alnus glutinosa*, *Corylus Avellana*). Dagegen tritt derselbe ausserordentlich bald unter dem Vegetationskegel, gewöhnlich nur wenige Zellreihen unterhalb der Plerominitialen auf.

Besonders charakteristisch zeigt sich das allmählige Auftreten des Gerbstoffs bei *Mespilus oxyacantha* und *Cornus sanguinea*, welche beiden Fälle am besten gleich näher beschrieben werden.

1) Bei *Mespilus oxyacantha* ist der Vegetationskegel von typischer Form und dem gewöhnlichen, dreischichtigen Bau. Gleich unter den ersten Schichten des Pleroms (etwa 6 senkrechte Zellreihen desselben sind frei) tritt Gerbstoff auf in mehreren auf gleicher Höhe liegenden Zellen. Diese liegen einzeln, isolirt in dem übrigen Gewebe und sind die Mutterzellen späterer Gerbstoffzellreihen. Diese ersten Gerbstoffzellen theilen sich nämlich alsbald durch zur Achse senkrecht stehende Wände und bilden erst 2, dann 3, 4, 5 u. s. w. bis zu vielen über einander liegende gerbstoffhaltige Zellen, — alle einer Mutterzelle entstammend. Diese Zellreihen treten im inneren Theil des jungen Marks in ziemlich gleicher Vertheilung zerstreut auf; nach aussen zu, an der Markscheide, liegen sie viel dichter an einander.

In derselben Höhe, wo der Gerbstoff im Marke anfängt sich zu zeigen, tritt derselbe auch zuerst in der Rinde in 2 — 3 Schichten unmittelbar unter der zu dieser Zeit noch gerbstofffreien Epidermis auf. Weiter nach innen zu bis zum

Procambium finden sich noch einzelne Gerbstoffzellen, doch in wesentlich geringerer Menge als im Mark; unmittelbar am Procambium finden sie sich wieder etwas zahlreicher.

Die Procambiumstränge selbst sind gerbstoffleer.

Viel später als in der Rinde tritt der Gerbstoff in der Epidermis auf; sie zeigt sich auch im weiteren Verlauf gerbstoffärmer als die unmittelbar anliegende Rinde.

Die jüngsten Blattanlagen sind stets gerbstofffrei. Beim Aelterwerden tritt schon in sehr kleinen Blättern Gerbstoff zunächst unter der Epidermis und zwar auf der Unterseite des Blättchens auf und steigt allmählig von der Basis des Blatts aus nach oben, so, dass zu unterst 2 neben einander liegende Gerbstoffzellreihen sich finden, ungefähr in der Mitte des Blatts eine, während die Spitze gerbstoffleer bleibt. Etwas später tritt er auch auf der Blattoberseite und in der Epidermis auf, dann auch in der Nähe der Gefässbündel, ebenfalls von unten nach oben.

2) Bei *Cornus sanguinea* finden sich die ersten gerbstoffhaltigen Zellen ebenfalls einzeln im Plerom, nie aber im centralen, sondern nur im peripherischen Theile desselben. Im weiteren Verlauf bilden sich aus diesen Zellen ununterbrochne Zellreihen, welche sich an den inneren Theil des Procambiums anlehnen, offenbar die gerbstoffreiche Markkrone bildend. Der innere Theil des Marks bleibt völlig gerbstoffleer.

In der Rinde tritt Gerbstoff — in ähnlicher Weise wie bei *Mespilus* — zunächst auf in den unmittelbar an der Epidermis liegenden Zellen. Weiter nach unten zu findet er sich hier sowie im Inneren am Procambium anliegenden Theile reichlich, spärlicher im mittleren.

Am spätesten von allen Theilen zeigen sich die Zellen der Epidermis mit Gerbstoff erfüllt.

Das Auftreten des Gerbstoffs in den Blättern ist ganz analog dem von *Mespilus oxyacantha.*

Die übrigen untersuchten Vegetationsspitzen zeigen wenig und meist unwesentliche Abweichungen von den angeführten Beispielen. Merkwürdig ist, dass das Schwammgə-

webe bei den jungen Blättern zuerst und am reichlichsten Gerbstoff aufweist, das doch in entwickeltem Zustande, wie oben bemerkt, gerbstoffarm ist.

Blicken wir noch einmal auf die gewonnenen Resultate zurück, so können wir dieselben etwa so resumiren:

1) Gerbstoff findet sich bei unseren einheimischen Holzpflanzen fast ohne Ausnahme, derselbe fehlt z. B. gänzlich bei *Cytisus Laburnum* und *Colutea arborescens*; am reichlichsten ist er bei den *Quercus*- und *Alnus*-Arten anzutreffen.

2) Derselbe tritt selten nur in einzelnen Geweben (Aussenrinde und um die Bastbündel), gewöhnlich in allen, aber in verschiedner Menge auf. Von den Geweben des Zweiges sind Rinde, besonders die Aussenrinde und Rindenmarkstrahlen sowie die Markkrone, das gerbstoffreichste, das Holz das -ärmste. Innenrinde und Mark halten die Mitte.

3) In einem Gewebe kann er gleichmässig (Aussenrinde› Markstrahlen) alle Zellen erfüllen; gewöhnlich aber liegen die Gerbstoffzellen zerstreut (Innenrinde, Mark). Im Parenchym sind die Krystallzellen, in den Fibrovasalsträngen die Gefässe und Holzzellen einerseits, andrerseits Bastfasern und Siebröhren stets gerbstofflos. Ausser den Krystallen ist der Gerbstoff von der Begleitung keines Zellinhalts ausgeschlossen; er kommt in den Phellogenzellen mit viel Protoplasma, in den chlorophyllreichen Zellen des Blattes, in den stärkereichen Scheiden auf Aussen- und Innenseite der Fibrovasalstränge, sowie in den Stärke führenden Zellen des Marks u. s. w. vor.

4) Im Blatt ist die Epidermis häufig allein, zuweilen aber auch mit ihr das Pallisadenparenchym, seltner zugleich das ganze Diachym, Träger des Gerbstoffs. Stiel und Fibrovasalstränge des Blatts sind in ihrem Verhalten dem Zweige und seinen Strängen analog.

5) Der Gerbstoff tritt unmittelbar unter der Vegetationsspitze in einigen zuerst einzeln liegenden Zellen auf. Durch Weitertheilung gehen aus ihnen die späteren Gerbstoffzellreihen der Parenchym-Gewebe hervor.

6) Sein isolirtes (in einzelnen Zellen und später isolirten Zellreihen) Auftreten im Gewebe von Anfang her zeigt, dass er dort autochthon, ist; sein Beharren in den meisten Zellen von Anfang her durch das ganze Leben hindurch könnte auf zweierlei Weise gedeutet werden; entweder, dass er, den Krystallen ähnlich, einmal gebildet keine weitere Verwendung findet, also in die Kategorie der „Auswurfsstoffe“ gehört, oder aber, dass, falls er verwendet wird, seine Zellen auch als seine stetigen Wiedererzeugungsorte zu betrachten sind. Sein Auftreten andrerseits in den Stärkescheiden zeigt mindestens, dass eine Leitung desselben durch die Pflanze nicht unmöglich ist.

Vita.

Carolus Guilelmus Petzold, Keutschensis, natus sum anno MDCCCXLVIII. a. d. V, Id. Febr. patre Carolo, verbi divini ministro, matre Guilelmina e gente Leuschner, quos praematura morte mihi ereptos valde lugeo. Litterarum primordiis a patre imbutus Portam me contuli, ut gymnasium frequentarem, quod viris illustrissimis Peter, Koberstein, Steinhart, Keil, Buchbinder, Corssen magistris maxime tum florebat. Maturitatis testimonio instructus relicta Porta almam litterarum Academiam Halensem cum Vitebergensi consociatam petii, ut theologiae studiis me dederem. Quae studia Germanorum bello contra Francogallos exorto, in quo per decem menses stipendia meritus sum, turbata sunt. Bello prospere confecto Halas redii, ut in rerum naturalium et chemicae artis studia incumberem. Scholis in universitate usus sum vv. dd. de Bary, Engler, Erdmann, Giebel, Girard, Haym, Heintz, Knoblauch, Kraus, Schmidt, Taschenberg, Thomae, quos omnes pro maximis de me meritis gratissima memoria prosequar. Exercitationibus practicis interfui in laboratorio chemico docente prof. ill. Heintz. Imprimis autem in botanica studia incubui, duce viro praeclarissimo Kraus, quem propter eximiam liberalitatem summamque diligentiam, quibus studia mea omni tempore sustentavit, semper gratissimo animo colam.

Examine pro facultate docendi absoluto anno MDCCCLXXIV Neobrandenburgi in urbe Mecklenburgica scholae magister factus sum, quo munere adhuc fungor.

Theses.

1.

Acidum tannicum cum omnibus materiis consociatum in cellulis vividis invenitur nisi insunt simul crystalla.

2.

Quod pertinet ad copiam acidi tannici nonnihil interest, ubinam locorum sit planta.

3.

Quid quaeque cellula habet acidi tannici non aliunde adducitur, sed in ea ipsa nascìtur.